

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **58048013 A**

(43) Date of publication of application: 19.03.83

(51) Int. Cl

G02B 27/00

(21) Application number: **56147204**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(22) Date of filing: **18.09.81**

(72) Inventor: **SUZUKI MASA HARU**

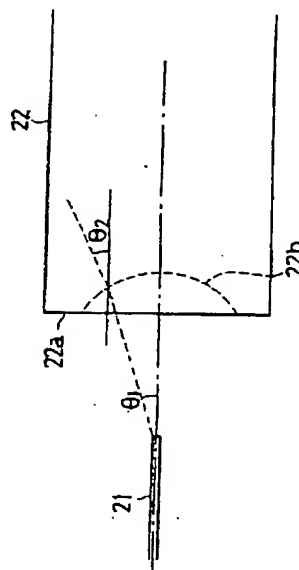
(54) LASER DEVICE

(57) Abstract:

PURPOSE: To raise optical transmission efficiency without deteriorating the uniformity of optical intensity distribution and the operability and also to set an irradiation field to a desired shape, by constituting so that a laser light is led by an optical fiber, and is ade incident to a transparent cylindrical kaleidoscope having a recessed incident end.

CONSTITUTION: A laser light led by an optical fiber 21 is made incident to a recessed part 22b of an incident end face 22a of a kaleidoscope 22. A spreading angle θ_2 in the kaleidoscope 22 can be made larger than a spreading angle θ_1 of an output terminal of the optical fiber, and not only a uniform optical intensity distribution can be obtained by short kaleidoscope length, but also its optical transmission efficiency can be elevated. Also, when a sectional shape of the kaleidoscope 22 is set to a desired shape, the irradiation field becomes a desired shape.

COPYRIGHT: (C)1983,JPO&Japio



Title of the Prior Art

Japanese Published Patent Application No. Sho.58-48013

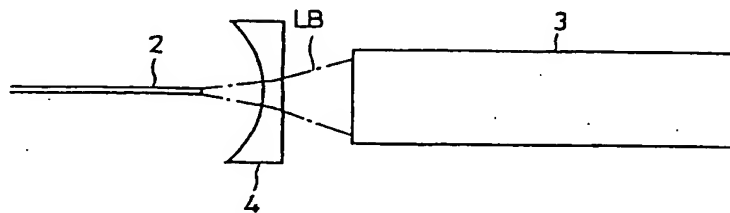
Date of Publication: March 19, 1983

Concise Statement of Relevancy

Translation of Line 11 - 18 of Column 14, and Figure 1 (c)

Accordingly, by making a shape of light incident facet of the columnar kaleidoscope 22 concave-shaped, a beam spread angle O_2 in the kaleidoscope 22 can be brought closer to O_1 , or can be made larger than O_1 , thus an equalized feature having a good light intensity distribution can be obtained with a short kaleidoscope length. Further, materials used for making transparent kaleidoscopes are needed less.

Figure 1 (c)



⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58-48013

⑮ Int. Cl.³
G 02 B 27/00

識別記号

庁内整理番号
6952-2H

⑬ 公開 昭和58年(1983) 3月19日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑭ レーザ装置

大田原市下石上1385番の1 東京
芝浦電気株式会社那須工場内

⑯ 特 願 昭56-147204

⑰ 出 願 人 東京芝浦電気株式会社

⑱ 出 願 昭56(1981) 9月18日

川崎市幸区堀川町72番地

⑲ 発 明 者 鈴木雅晴

⑳ 代 理 人 弁理士 鈴江武彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ装置

2. 特許請求の範囲

(1) レーザ光源と、このレーザ光源からの光を導く光ファイバと、この導かれたレーザ光が入射される光入射端面が凹面状に形成された光出射端面は平面に形成されると共に周面は滑らかに形成されて成る出射レーザ光強度分布の均一化を図るための柱状で透明なカライドスコープとを備えたことを特徴とするレーザ装置。

(2) 前記カライドスコープはその光入射端面の凹面状部分を球面に形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザ装置。

(3) 前記カライドスコープはその光入射端面の中心部を所望の形状に陥没させ且つその奥部を球面に形成させることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザ装置。

(4) 前記カライドスコープは光入射端面の少なくとも前記凹面状部分に光反射防止膜を形成

することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザ装置。

(5) 前記カライドスコープはその断面形状が円または任意の多角形に形成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザ装置。

(6) 前記光ファイバの光出刀端が前記カライドスコープの光入射端面側に形成された球面状部分の中心に位置されるよう配設することを特徴とする特許請求の範囲第2項または第3項記載のレーザ装置。

(7) 前記光ファイバはその光出刀端におけるその軸線を前記カライドスコープの中心軸線と一致させて配設させることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザ装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明はレーザ装置に係わり、特に被照射体における照射レーザ光の強度分布が一様になるようにレーザ光を出刀できるレーザ装置に関するものである。

現在、レーザに関する技術の発展には著しい

ものがあり、各種の分野においてその応用が試みられている。

その一つとして生体表面の母斑(例えばアザ、シミ、ソバカスなど)の治療にレーザー装置を用いる方法が提案され、試験的に実施されつつあり、その有効性が報告されている。

ところで、従来のアザの治療には電気乾固法で焼く方法や、ドライアイス等を用いた細胞破壊、或いは切除、薄く削るなどの方法や、皮膚移植などの多くの治療法があるが、いずれも後髪が大きく、治療に苦痛を伴う他、治療期間も長く、しかもその効果も思わしくないなどの欠点があり、入院の必要がある場合もあった。

これに対し、レーザー光により患部を焼く方法では後髪が少なく、従って苦痛が少ないなどの長所があるものの、レーザービームの進行方向に対して直角の断面における光強度分布は一般に均一で無く、従って、その不均一性のために生体表面にレーザービームを照射した場合、照射ムラを生じて期待した治療結果が得にくい場合も

-3-

にほぼ均一な光強度分布でレーザー光を照射することができ、照射野の形状も任意に選定できるなどの特徴を持っており、またカライドスコープの光出射端面から出射される光は自由空間中では急激に拡がって単位面積当りの出力も急激に減衰し、しかも出力光はコヒーレント性を失うため、誤まって体、特に目に入った場合などでの安全性が高いと云う長所もあることからアザなどの治療に対し理想的な方法である。

カライドスコープはアクリルや光学ガラスなどにより作られた透明な棒状の光伝達体で両端面は平らで側周は滑らかに形成しており、導光過程中に光をランダム化させる一種の導光路であるが、内部における反射のさせ方には二つの方式がある。

即ち、導光路を管状とし、その中空の導光路内面に反射膜を形成したもの、導光路は柱状とし、その柱状の導光路内の全反射を利用したものとの二種である。

これらのうち、前者の反射膜を用いた管状カ

-5-

あった。

即ち、現在、レーザーによる治療では大きく分けてレーザー光を直接患部に照射する方法とレーザー光を光ファイバなどの導光体により導き、患部に照射する方法が存在するが、前者の方法では照射されるレーザー光はその光強度分布が中心付近で強く、外周にゆくほど弱い凸形の分布を呈している。

また、後者の方式ではファイバの出刀端面より出射するレーザー光はファイバの特性により決まるファーマーフィールドパターンを持っており、ファイバ出刀端面と患部との距離により、出射されるレーザー光の光強度分布の形は複雑に変化し、均一な分布のレーザー光を得ることは不可能である。

従って、いずれの方法も照射ムラを生ずる根本的な原因を有している。

そこで、このような欠点を解消すべく開発されたものが以下に述べるカライドスコープである。カライドスコープを用いる方法は照射野内

-4-

ライドスコープの特徴は

- (1) 管状に加工しその内面に反射膜を形成することが製作上難しい。
 - (2) 反射膜の反射率を高くするほどカライドスコープの光の低損失化、光強度分布の均一化及び軸長の短縮化を図ることができるが、実際には遠赤外線領域及び近赤外線領域で光の反射率が97~95%、また可視領域で光の反射率が93~90%程度であり、柱状のカライドスコープよりも光学的諸特性は劣る。
 - (3) 反射膜の劣化がある。
 - (4) 機械的強度は柱状のカライドスコープに比べて優れている。
- などである。

一方、柱状のカライドスコープの特徴は

- (1) 精度良く加工でき、反射膜を必要としない。
- (2) 全反射のため低損失で光強度分布の高い均一性を実現でき、しかも長さの短いカライドスコープを得ることができる。

-6-

(3) 反射部の劣化が無い。

(4) 利用できる高光透過性の素材が少ない。
また機械的強度は管状のカライドスコープにくらべて劣る。
などである。

従って、このようなことから管状カライドスコープは遠赤外線領域のレーザ光における光強度分布の均一化に対しての利用が可能であるが、柱状のカライドスコープは遠赤外線領域から可視領域にわたる全領域での光強度分布の均一化が可能であり、光学的諸特性はすべての面で管状のものより優れていると云える。

さて、管状、柱状のカライドスコープはいずれもレンズ或いは光ファイバに代表される導光路のうち少なくとも1つを必要とし、各々第1図に示すようにレーザ光の平行光線を凸レンズ1や凹レンズ4などのレンズ系或いは光ファイバ2またはそれとレンズ両方を通して拡がり角を拡げ、拡がり角が拡大されたレーザ光とした後、カライドスコープ3を通すが一般的にこのよう

-7-

ある。

また、第1図(b)に示すような光ファイバ2と柱状のカライドスコープ3より成るものでは光の全損失はやはり12~20%程度で低損失であり、光ファイバによる導光系が可撓性に富むことなどから治療時にカライドスコープ3を所望の位置に操作でき、操作性が良いが、反面、光ファイバ2から出射されるレーザ光の拡がり角がレンズを用いた場合よりも小さく、このため、カライドスコープの軸長を長くしないと十分な光強度分布の均一化を図ることができない。即ち、レンズを用いた時の拡がり角を θ_1 、光ファイバを用いたときの拡がり角を θ_2 としたとき、同じ均一化を得るために必要なカライドスコープ軸長を各々 X_1 、 X_2 とすると次式が成立する。

$$X_1 \tan \theta_1 = X_2 \tan \theta_2 \quad \dots (1)$$

一般的に高光透過性の素材は高価であることから光ファイバ固有の光拡がり角だけではカライドスコープ長が長くなり、高価なものとなっ

-9-

な光学部品の入射端面では大部分の光束が通過するものの一部の光束は入射端面上で反射するので、この分が一種の損失となる。

例えば、石英レンズや石英光ファイバの端面では光反射を抑える光反射防止膜(ARコーティング)を加えておかないと面一箇所あたり3~5%程度の表面反射が発生する。

実際には入射面があれば出射面があるわけであるから3~5%の2倍、すなわち6~10%程度の損失がレンズ、光ファイバで生じ、カライドスコープでも同様のことが起こる。

従って、レーザ装置全体から見た時の光伝送効率にはレンズや光ファイバなどの介在物が少ないほど向上することになる。

ところが、例えば第1図(a)に示すようなレンズ1と柱状のカライドスコープ3より成るものでは光の全損失は12~20%程度で比較的良好な低損失性を示すが、光ファイバ等によるレーザ光源からの導光系が存在しないので、光学系が固定化され、治療時の操作性が劣る欠点が

-8-

てしまう。そこで考えられるのが第1図(c)に示す光ファイバ2と凹レンズ4の両方を用いる方式である。

一般にこの方式では十分な拡がり角を得ることができ、カライドスコープ長も短くすることができ、光ファイバ2の使用により治療時の操作性も良好であるが、光学系の部品点^数がふえることからこれによる光損失が増大して全体としての損失は18~30%にもなってしまい効率の面で問題が残る。

本発明は上記事情に鑑みて成されたもので柱状のカライドスコープを用いて出射レーザ光の光強度分布均一化を図るレーザ装置において、レーザ光を光ファイバにより導くようにすると共に前記カライドスコープのレーザ光入射端面を凹面状に形成し、ここに光ファイバからのレーザ光を入射することによって光の拡がり角を大きくし、光強度分布の均一化機能や操作性を損なうことなく光の伝送効率を高め、また、カライドスコープの断面形状を所望の形状とすること

-10-

とにより、照射野（照射しているレーザービームの被照射体における範囲）の形状を所望とする形状に効率よく変換して照射し得るレーザー装置を提供することを目的とする。

以下、本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。

第2図に示すようにレーザー光源よりレーザー光を導く光ファイバ21とこの導かれたレーザー光が入射される柱状のカライドスコープ22から成る構成では例えば光ファイバ21の出力端21aから θ_1 なる角度をもって出射された光は n_1 なる屈折率を持つ空間中を伝搬した後、 n_2 なる屈折率を持つ柱状のカライドスコープ22に入射することとなるが、この時、光ファイバ21から出射したレーザー光の光束がカライドスコープ22内に入ると次式(2)で表わされる角度 θ_2 に変換される。

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \dots (2)$$

ここで上記空間が空気中であるものとするとき、 n_1 は1であるから、

-11-

あるいは

$$\theta_2 > \theta_1 \quad \dots (7)$$

なる拡がり角 θ_2 にすることができると言うことである。

即ち、第4図に示すように光ファイバ21の出力端21aから θ_1 なる拡がり角で出射されたレーザー光が柱状のカライドスコープ22の光入射端面22aに形成された凹面部22bの法線に対して ε なる角度でカライドスコープ22に入射したとすると、カライドスコープ22内の光束と凹面部22bの法線との成す角 η 及び柱状のカライドスコープ22内の光束とこのカライドスコープ22の中心軸との成す角 θ_2 は次のような関係となる。

$$\theta_2 = \varepsilon - \eta \quad \dots (8)$$

$$n_1 \sin(\theta_1 - \varepsilon) = n_2 \sin \eta \quad \dots (9)$$

したがって

$$\theta_2 = \varepsilon - \sin^{-1} \left\{ \frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_1 - \varepsilon) \right\} \quad \dots (10)$$

上式(10)の意味するところはカライドスコープ22中の光束拡がり角 θ_2 は ε の影響を受ける

-13-

$$n_1 < n_2 \quad \dots (3)$$

であり、したがって

$$\sin \theta_2 < \sin \theta_1 \quad \dots (4)$$

これより

$$\theta_2 < \theta_1 \quad \dots (5)$$

即ち、柱状のカライドスコープ内での光の拡がり角 θ_2 は θ_1 よりも小さくなってしまふ。つまり、光の拡がり角が小さいと云うことは同じ光強度分布均一化を得るのに長さの長いカライドスコープが必要であることを意味するわけであり、カライドスコープの素材が高いだけにこれにより高価なものになってしまふ。

そこで第3図に示すように柱状のカライドスコープ22の光入射端面22aを22bで示すように凹面状に形成してここで凹レンズの効果を得るようにすることが考えられる。

柱状のカライドスコープ22の光入射端面22aを凹面状にする利点は上記(5)式で示される拡がり角の関係を

$$\theta_2 \approx \theta_1 \quad \dots (6)$$

-12-

と云うことであり、それはすなわち凹面部22bの形状により左右されると云うことである。

ここで一例をあげると、凹面部22bの曲面形状を球面としその球体中心に光ファイバ21の出力端が位置するものとして光ファイバ21から17°の角度で出射したレーザー光の光束が $\varepsilon = 3.6^\circ$ の点に入射した場合、屈折率 $n = 1.5$ のもとでは $\eta = -1.2^\circ$ となり、 $\theta_2 = 4.8^\circ$ となってカライドスコープ22内に4.8°の拡がり角でレーザー光が入ることとなる。

従って柱状のカライドスコープ22の光入射端面22aを凹面状にすることにより、カライドスコープ22中の光束拡がり角 θ_2 を θ_1 に近づけることができ、或いは θ_1 よりも大きくすることができることになり、短いカライドスコープ長にて光強度分布の良好な均一化特性を得ることができ、しかも透明なカライドスコープ用の素材も少なく済むことになる。

ここで、カライドスコープ22の光入射端面に形成する凹面部の形状を球面とすることによ

-14-

り、次のような特性が得られる。

即ち、光ファイバ21の出刀端位置を前記球面の球体中心とすることにより θ_1 と θ_2 が等しくなり、光ファイバ21から出射される光はすべてカライドスコープ22の光入射端22aの凹面部に対し垂直に入射することから、反射損失を最小とすることができることである。すなわち、球体中心に光ファイバ21の出刀端21aがある場合、

$$\theta_1 = \epsilon \quad \dots (14)$$

これを前記式(10)に代入すると

$$\theta_2 = \epsilon = \theta_1 \quad \dots (15)$$

一方、表面反射率をTE波、TM波それぞれに対し R_{TE} 、 R_{TM} とすると

$$R_{TE} = \frac{n_2 \cos(\theta_1 - \epsilon) - \sqrt{n_1^2 - n_2^2 \sin^2(\theta_1 - \epsilon)}}{n_2 \cos(\theta_1 - \epsilon) + \sqrt{n_1^2 - n_2^2 \sin^2(\theta_1 - \epsilon)}} \quad \dots (16)$$

$$R_{TM} = \frac{n_2 \cos \eta - n_1 \cos(\theta_1 - \epsilon)}{n_2 \cos \eta + n_1 \cos(\theta_1 - \epsilon)} \quad \dots (17)$$

したがって $\theta_1 = \epsilon$ 、 $\eta = 0$ を代入すると

-15-

る必要がある。

そこで、これを求めると $\theta' = 0$ にて最小値を示す。

このように光ファイバの出刀端をカライドスコープの光入射端面における球面状の凹面部球体中心に置くことは光ファイバ21から出射したレーザ光のカライドスコープ22への入射時に生ずる表面反射損を最小にするうえで特に効果がある。

更にこの時、柱状のカライドスコープ22の光入射端凹面部球面表面に反射防止膜、即ちARコーティングを施すと、すべての光束が球面に垂直に入射するので非常に有効に作用し、レーザ光のカライドスコープにおける表面反射損をさらに小さくすることができる。

例えば柱状のカライドスコープ素材として光学ガラスであるBK-7を用い、その光入射端面の球面表面にARコーティングを施せば光入射端での表面反射損を1%程度にまで低減させることが可能である。

-17-

$$R_{TE} = \frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} \quad \dots (18)$$

$$R_{TM} = \frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} \quad \dots (19)$$

$$\therefore R_{TE} = R_{TM} \quad \dots (20)$$

一方、前記式(18)及び(19)の最小値を求めると次のようになる。即ち、

$$\theta' = \theta_1 - \epsilon \quad \dots (21)$$

として

$$\frac{\partial R_{TE}}{\partial \theta'} = 0 \quad \dots (22)$$

$$\frac{\partial R_{TM}}{\partial \theta'} = 0 \quad \dots (23)$$

とすると R_{TE} は $\theta' = 0$ のとき最小となり、 R_{TM} は $\theta' = \tan^{-1} \sqrt{\frac{n_2^2}{n_1^2}}$ のとき最小となる。

ところが、光ファイバを用いた場合、光ファイバから出射される光はTE波とTM波の合成された光として扱えるから光ファイバ開口数NAで規定される拡がり角内で反射率を論じる場合、 R_{TE} と R_{TM} の和が最小となる角度を求め

-16-

一方、柱状のカライドスコープ22の光入射端面22a中心部を円、三角形、方形或いはその他の多角形など任意の断面形状で陥没させた後、その奥を更に球面に仕上げた場合、次のような特性を得ることができる。

例えば第5図に示すように球半径をRとし、 $K \cdot R$ (但しKは任意の値)だけ任意の形状Aで陥没させた場合、Kが1より十分小さい範囲に対し、

$$\theta_1 : \epsilon = R : (1 + K) R \quad \dots (24)$$

したがって

$$\epsilon = (1 + K) \theta_1 \quad \dots (25)$$

これを式(10)に代入して

$$\theta_2 = \epsilon + \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(K \theta_1) \right) \quad \dots (26)$$

上式(26)の意味するところは光ファイバ21の出刀端21aの位置を球体中心から後方へKRだけずらすことにより柱状のカライドスコープ22中の光束拡がり角 θ_2 をさらに拡げることができることである。

例えば光ファイバ21から17°の角度をもつ

-18-

て出射された光束は $K=0$ すなわち、光ファイバ出力端 21a がカライドスコープ 22 の凹面部 22a 球体中心より $0.4R$ だけ後方に位置する場合では

$$K=0 \Rightarrow \theta_1 = \theta_2 = 17^\circ$$

$$K=0.4 \Rightarrow \theta_1 = 23.8^\circ, \theta_2 = 28^\circ$$

となり、光束の拡がり角を更に拡げるのに著しい効果がある。

従って、このように柱状のカライドスコープ 22 の光入射端面の中心部を任意の形状で陥没させ、そこからさらに球面で陥没させた形状の凹面部とすることにより、光ファイバ 21 を介して入射されたレーザ光はカライドスコープ 22 中で大きな拡がり角で拡がることになり、これにより軸長の短いカライドスコープでも十分な光強度分布の均一化を図ることができることとなる。

これまでに述べたすべてのカライドスコープは光ファイバ 21 の位置がカライドスコープ 22 の光入射端面中心部より少々ずれていても

-19-

状のカライドスコープ 22 の光入射端面の手前になるようにすることにより光学的には同等の効果を達成することができる。

以上詳述したように本発明はレーザ光源からのレーザ光を光ファイバにより導くとともにこの導かれた光を透明柱状で光入射端は凹面状に形成すると共に他は平滑に仕上げた光強度分布を均一化して照射するためのカライドスコープに入射させる構造としたので、光ファイバからの出射レーザ光はカライドスコープの凹面部で屈折により拡げられ、これによりカライドスコープ内で十分に拡がるためカライドスコープの軸長を短くしても照射レーザ光の光強度分布が十分に均一化されまたカライドスコープの断面形状を選択することにより、照射形状を円形、三角形、方形その他多角形に変換して照射できるので、目的に合う照射野形状で治療を行なうことができる他、光ファイバによりカライドスコープにレーザ光を導くため操作性が良く、またカライドスコープの軸長が短くとも良いこと

-21-

あるいはカライドスコープ中心軸と光ファイバの出刀端の中心軸が平行でなくとも十分なカライドスコープ長があればほとんど問題なく光強度分布の均一化が成されるが、導光部すなわち光ファイバ 21 の出力端 21a がカライドスコープ 22 の中心軸上に位置され、且つ各々の中心軸が平行であるようにすれば、軸長の短いカライドスコープでも十分な光強度分布の均一化が可能となる。

また、前述の柱状カライドスコープ 22 はその中心軸に直交する断面が円形、三角形、方形その他任意の多角形としても良く、いずれの場合も十分な均一化が可能であり、しかもその断面の形状の照射野を得ることができる。

尚、本発明において柱状のカライドスコープの光入射端面を任意の形状で陥没させそこから更に球面で凹面を形成しているが第 6 図に示すように柱状のカライドスコープ 22 における光入射端面 22a を B で示すように球面で陥没させ、光ファイバ 21 の出力端 21a の位置が柱

-20-

から小形軽量でしかも高価なカライドスコープの素材が少なく済むことによる価格の低廉化を図ることができ、また、前記凹面部に光反射を抑えるコーティングを施すことと光学レンズは使用しないことにより光の損失を抑えることができるなど、優れた特徴を有するレーザ装置を提供することができる。

尚本発明は上記し且つ図面に示す実施例に限定することなくその要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施し得るものであり、例えば本装置は治療用レーザに限らず、金属等のアニーリング加工に使用するレーザ装置にも適用できることは云うまでもない。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図(a)はカライドスコープにおける凸レンズとの組み合わせによる実施例を示す概略図、第 1 図(b)は光ファイバとの組み合わせによる実施例を示す概略図、第 1 図(c)は光ファイバと凹レンズ及びカライドスコープの組み合わせによる実施例を示す概略図、第 2 図は光ファイバと

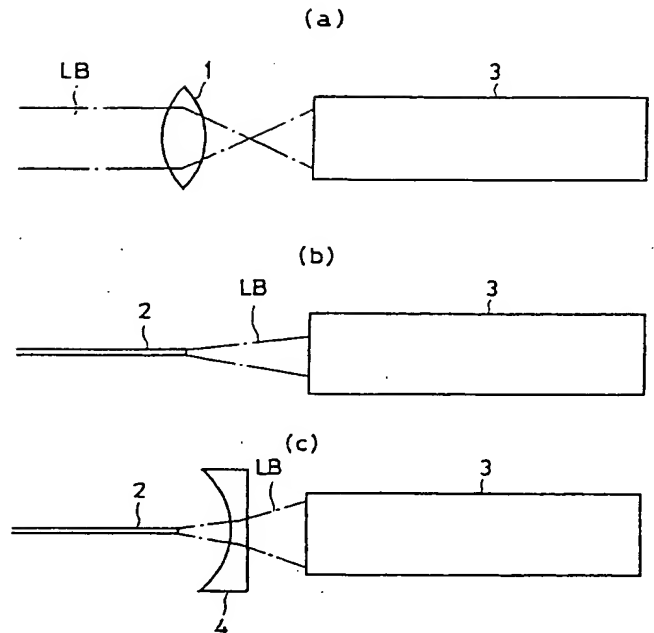
-22-

の組み合わせた時の光路を示した概略原理図、
第3図は柱状のカライドスコープの光入射端面
に凹面部を形成した場合の光路の状態を示した
図、第5図は柱状カライドスコープの光入射端
面を任意形状で陥没させた後さらに球面状に陥
没させたときの光路を示す概略的原理図、第6
図は柱状カライドスコープの光入射端面中心部
を球面で陥没させ光ファイバ出力端位置を手前
にずらした時の図である。

1…凸レンズ、2、21…光ファイバ、3、
22…カライドスコープ、4…凹レンズ、22a
…光入射端面、22b、A、B…凹面部。

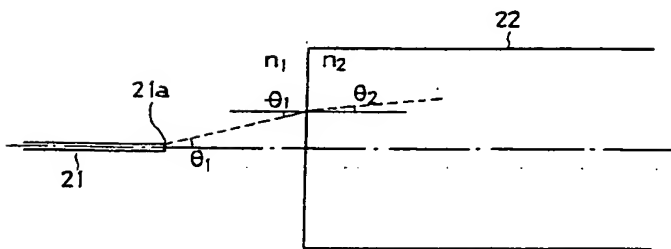
出願人代理人 弁理士 鈴 江 武 彦

★ 1 図

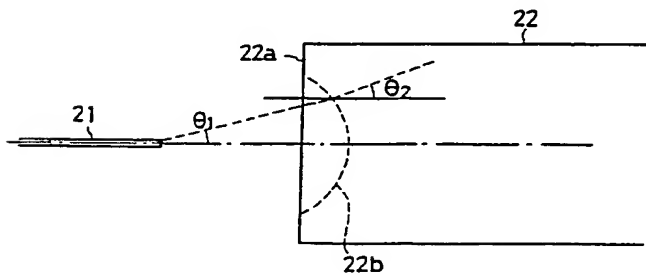


-23-

★ 2 図



★ 3 図



★ 4 図

